



ANÁLISES MORFOLÓGICAS DOS ENSAIOS DE TRAÇÃO DOS AÇOS SAE 1020 E LNE 500

MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF SAE 1020 AND LNE 500 TRACTION TESTS

Alexandre Martins da Silva¹

Fábio Luiz da Cruz²

João Antônio da Silva Souza³

Emerson Augusto Raymundo⁴

RESUMO

O presente estudo visa comparar um aço de alta resistência e baixa liga com um aço SAE 1020, comumente utilizado em processos de estampagem. Foi realizada uma análise da fratura dos aços por microscopia eletrônica de varredura (MEV), em que foi observada a relação entre o aumento da espessura das chapas com a diminuição da tenacidade à fratura, evidenciada por meio da presença de trincas na região de fratura do material. Evidenciou-se com as análises o comportamento transitório de um material dúctil para frágil. O aço para efeito comparativo se comportou como um material dúctil em que não revelou trincas. Conclui-se então que apesar do ganho de propriedades mecânicas em relação a capacidade de se deformar perante os elementos adicionados a teoria da mecânica linear elástica se faz presente.

Palavras-chave: Aços SAEC 1020, aços LNE 500, aços ARBL.

ABSTRACT

The present study aims to compare a high strength low alloy steel with a SAE 1020 steel, commonly used in stamping processes. A fracture analysis of the steels was performed by scanning electron microscopy (SEM), in which the relationship between the increase in plate thickness and the decrease in fracture toughness was observed, evidenced by the presence of cracks in the fracture region. material. The analyzes showed the transient behavior of a ductile to fragile material. Steel for comparison purposes behaved like a ductile material in which it did not reveal cracks. It is concluded that despite the gain of mechanical properties in relation to the ability to deform before the elements added the theory of elastic linear mechanics is present.

Keywords: SAEC 1020 steels, LNE 500 steels, ARBL steels

¹ Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica na Faculdade SENAI de Tecnologia de Cruzeiro. E-mail: alexandrem727@gmail.com

² Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica na Faculdade SENAI de Tecnologia de Cruzeiro. E-mail: fabinhocruz18@gmail.com

³ Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica na Faculdade SENAI de Tecnologia de Cruzeiro. E-mail: jassouza8@gmail.com

⁴ Professor e Doutor em Engenharia Mecânica da Faculdade SENAI de Tecnologia de Cruzeiro. E-mail: emerson.raymundo@sp.senai.br



1 INTRODUÇÃO

Os aços de alta resistência e baixa liga se tornaram o alvo do setor metal mecânico, tal como as indústrias automobilísticas, pois pode diminuir o peso dos automóveis e ainda ganhou em resistência a deformação. Para viabilizar soluções em aço, siderúrgicas do mundo todo se uniram num consórcio, chamado ULSAB (*Ultra Light Steel Auto Body*) (ULSAB OVERVIEW REPORT, 1998). Em geral, os ARBLs como o aço LNE500 apresentam estrutura predominantemente ferrítica com uma pequena fração volumétrica de perlita (TEIXEIRA *et. al.*, 2016). Já os aços de baixo carbono vêm tomando espaço desde os anos 1990, com variados tratamentos térmicos por resfriamento ou aumento de dureza por deformação (OKAMOTO, 1997). Os resultados de um ensaio de tração podem ajudar a explicar as reais aplicações dos materiais e também para auxiliar no processo de produção de peças e equipamentos as normas dos ensaios exigem equivalência geométrica da peça para com os corpos de prova.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado neste trabalho foi doado por uma indústria do setor metal mecânica, são os aços SAE 1020 e NBR 6656 ou LNE 500. Foram obtidos corpos de prova de uma tira laminada a frio. Os ensaios de tração foram realizados na própria empresa. A imagem da figura 1 apresenta os corpos de provas utilizados no trabalho, pode-se notar que apesar do mesmo material as chapas de origens eram de espessura diferentes.

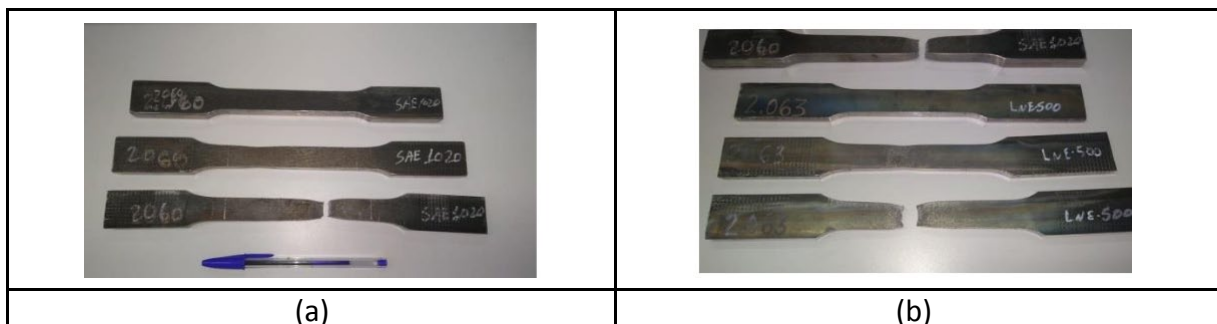
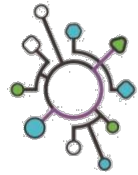


Figura 1: Imagens dos corpos de prova para tração dos aços envolvidos. (a) Amostras do aço SAE 1020. (b) Aços SAE 1020 e LNE 500.

Fonte: Os Autores (2019)

Logo após os ensaios dos corpos de prova foram medidos conforme a futura montagem dos gráficos tensão por deformação. Foi também feito uma análise de composição química dos materiais para ajuda na discussão dos resultados. Para correlacionar as propriedades envolvidas foram analisadas as fraturas das amostras ensaiadas. As microestruturas resultantes foram analisadas em microscopia eletrônica de varredura no departamento de materiais da EEL/USP, Escola de Engenharia de Lorena/Universidade de São Paulo.



3 DESENVOLVIMENTO

Para efetiva discussão e como proposto a tabela 1 revela a composição química dos aços envolvidos no trabalho. O significado aprovado está relacionado com o padrão da empresa. Com relação ao LNE representa um aço ARBL (alta resistência e baixa liga).

Tabela 1 – Composição química

| Aço | %C | %Mn | %P | %S | %Si | %Al | %Nb | %Ti | %V |
|------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1020 | 0,19 | 0,38 | 0,017 | 0,010 | 0,002 | 0,057 | - | - | - |
| LNE 500 | 0,08 | 1,24 | 0,013 | 0,009 | 0,04 | 0,042 | 0,056 | 0,033 | 0,01 |

Fonte: Os Autores (2019)

Tabela 2 - Propriedades mecânicas dos materiais envolvidos

| Propriedades | SAE 1020AA (MPa) | LNE500 (MPa) |
|-------------------------|------------------|--------------|
| Lim. escoamento | 303 | 533 |
| Lim. Resistência | 480 | 591 |
| Alongamento (%) | 34,0 | 28,2 |

Fonte: Os Autores (2019)

Pode se perceber as diferenças do aço LNE 500, os valores foram mais altos em todo o processo, ressalta apenas o alongamento que para o aço SAE 1020 ficou maior, isto ratifica que com adição de pequenas quantidades desses elementos em conjunto aumenta-se muito a resistência do material. As imagens da figura 2 (a), (b) e (c) representam as fraturas dos aços do ensaio de tração.

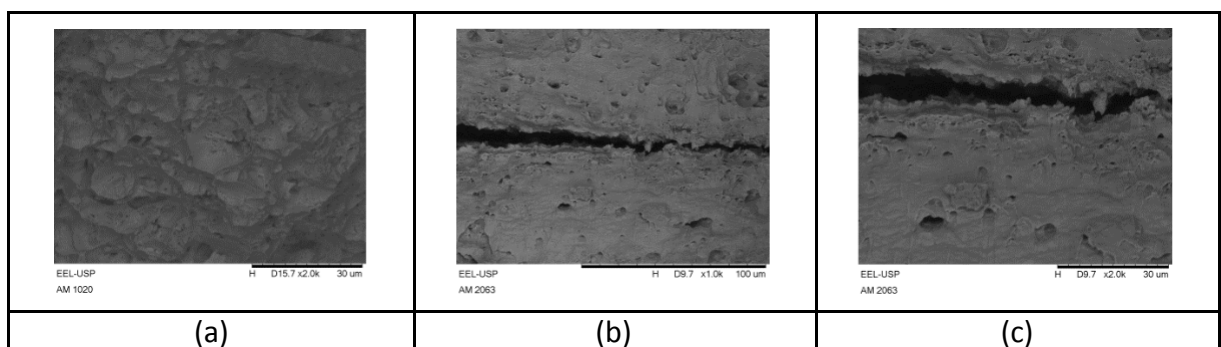


Figura 2: Imagens de microscopia eletrônica de varredura dos aços fraturados dos ensaios de tração.

Fonte: Os Autores (2019)

A imagem (a), representa o aço SAE 1020 como podemos observar com a ampliação de 2000X respectivamente a morfologia um pouco diferente de um material especificamente dúctil, ou seja, as características “*dimples*” não ficou tão evidente. Foi verificado também partículas



prismáticas incoerentes dentro da superfície de fratura, levando talvez às características de materiais cisalhantes. Com relação as imagens do outro aço algumas características podem ser semelhantes de materiais cisalhantes, tais como regiões espelhadas e cisalhantes. Pode ser observado uma trinca na região de fratura, imagens (b) e (c). Essas regiões analisadas pertencem ao centro do material fraturado. Para verificar o tamanho da região com trinca foram analisadas as regiões das extremidades dos corpos de prova, assim por meios das imagens da figura 3 a seguir podem ser visualizados a morfologia de fratura e a trinca.

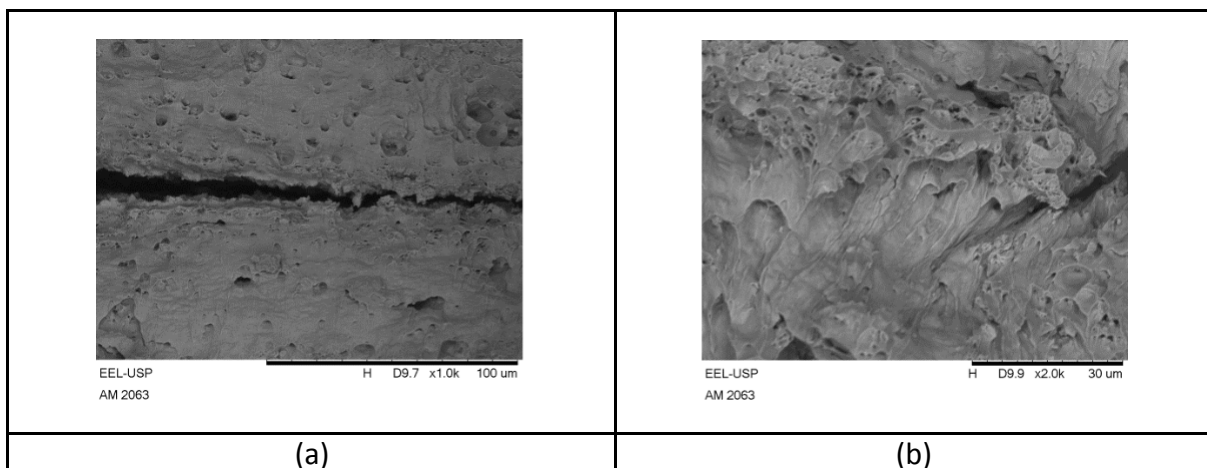


Figura 3: Imagens de microscopia eletrônica de varredura dos aços fraturados dos ensaios de tração da região lateral.

Fonte: Os Autores (2019)

Os conceitos da Mecânica da Fratura Linear Elástica (MFLE) ajuda por exemplo a resolver algumas limitações tradicionais de resistência dos materiais quanto à presença de descontinuidades tipo trinca em estruturas próximas das frágeis, já a Mecânica da Fratura Elasto-Plástica (MFEP) amplia a aplicação dos critérios da MFLE para materiais dúcteis, ou seja, uma teoria pode contemplar a outra, que neste caso, temos um aço dúctil e um aço com características transitórias de dúctil para frágil. Pois os materiais dúcteis possuem em sua maioria das vezes uma zona plástica de tamanho significativo em relação às dimensões da peça que pode invalidar as considerações de tensões elásticas na ponta da trinca controlando o processo de fratura. Com relação aos materiais frágeis esse controle da ponta da trinca quase inexistente deixando as trincas se propagarem de maneira catastrófica, espelhando as superfícies de fratura.

Com relação ao aço ARBL pelo ensaio de tração uma terceira tensão de tração deve ter sido introduzida fazendo tornar a forma hidrostática de tensões iniciado na extremidade da amostra, pois segundo a teoria quanto maior for a espessura dos corpos de prova maior a tendência da diminuição das forças plásticas provocada por essa terceira tensão, principalmente contra as pontas das trincas tanto no início e na propagação. Esse tipo de comportamento aproxima-se de material frágeis. Cabe ressaltar também que na imagem (b) da figura 3, pode ser observado pequenas ilhas de “*dimples*”, ou seja fratura típica de materiais dúcteis, isso leva a crer que esse material é composição de duas fases basicamente uma ferrítica e outra perlítica, não chega a ser um “*dual phase*”, pois não possui tratamento térmico.



4 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou características importantes para o setor metal mecânico, pode se concluir que o aço 1020 se comportou de forma semelhante ao já conhecido industrialmente, ou seja. O material LNE 500 revelou de maneira geral um comportamento variante de dúctil para frágil, suas propriedades mecânicas foram bem superiores à do aço 1020, com tensão de escoamento e limite de resistência altos, isto pode estar relacionado com a composição química dos elementos adicionado apesar da baixa concentração.

Conclui-se que, com o aumento da espessura das chapas pode diminuir a tenacidade a fratura do material, apesar do teste de tração não ser ideal para analisar a resistência tal como o ensaio de KIC que neste caso pode determinar o fator de intensidade de tensão, foi revelado na fratura do aço LNE 500 uma trinca extensão típica de materiais com características frágeis. Com este tipo de análise pode se ter um começo investigativo de como espessura influencia na resistência do material principalmente em materiais com comportamento transitórios dúcteis frágeis.

REFERÊNCIAS

CALLISTER, W., **Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

OKAMATO, A. Sheet steel products and their application technology for automotive uses. **The Sumitomo Search**, n. 59, p. 3-11, sep. 1997.

TEIXEIRA, J. Celestina; Oliveira, M. C. L. de; ANTUNES, R. A. Efeito de ciclos curtos de aquecimento sobre as propriedades mecânicas, microestrutura e resistência a corrosão de aços para estampagem utilizados na indústria automobilística. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 22.*, 2016, Natal (RN). **Anais [...]**, Natal (RN): UFRN, UFERSA, 2016. 11 p.

ULSAB OVERVIEW REPORT. **PHASE 2: ULSAB executive summary**, World Auto Steel, 1998.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à lochpe Maxion, à Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo e à Faculdade de Tecnologia SENAI de Cruzeiro pelas contribuições à pesquisa.

Sobre os autores:

¹ ALEXANDRE MARTINS DA SILVA



Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica na Faculdade SENAI de Tecnologia Cruzeiro. Possui experiência profissional de 15 anos na área de Ferramentaria. Atualmente participante de projetos Green Belt Six Sigma na empresa Maxion Wheels.

² FÁBIO LUIZ DA



Cursando atualmente O Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica pela Faculdade SENAI de Tecnologia de Cruzeiro. Experiência na área produção na Maxion Structural Components.

³ JOÃO ANTONIO DA SILVA SOUZA



Graduando em Tecnologia em Fabricação Mecânica na Faculdade SENAI de Tecnologia de Cruzeiro SP, possui 13 anos de experiência na empresa lochpe Maxion, nas áreas de produção de prensados pesados. Atualmente exerce o cargo de Inspetor de Qualidade.

⁴ PROF. DR. EMERSON AUGUSTO RAYMUNDO



Possui Graduação em Engenharia Industrial Química EEL/USP com ênfase em Química, mestrado em Engenharia Mecânica com ênfase em materiais pela FEG/UNESP, Doutorado em Engenharia de Materiais – ênfase em Usinagem de Materiais EEL/USP. Professor da Faculdade SENAI de Tecnologia de Cruzeiro nas disciplinas de Física, Cálculo e Estatística. Professor da FATEC de Pindamonhangaba no curso de Tecnólogo em Processo Mecânico e Soldagem e Projetos Mecânicos. Foi professor de engenharia da IES, UNIFOA, UNISAL E FARO. Experiência em Processo de Usinagem, Soldagem e Metalurgia.